

quencies formed in the measured-value transmitter excite the resonator with the result that, at the measuring frequency of said resonator which is different from the feed frequencies, the resonator sends measured value information to a receiver in the measuring system which in turn provides the measured value information for further evaluation.

### (57) Zusammenfassung

Der Erfindungsgegenstand betrifft eine Vorrichtung zur drahtlosen Übertragung von mindestens einem Meßwert aus bewegten Teilen, insbesondere zur Messung des Reifendrucks in Kraftfahrzeugen, bestehend aus einem Meßwertgeber (M) insbesondere einem Druckmesser im Reifen, und einem Meßsystem, welches seinerseits aus mindestens einer Antenne (A2, A3...) in der Nähe des Meßwertgebers sowie mindestens einer Elektronikbaugruppe besteht, wobei im Meßsystem zumindest eine Speisefrequenz erzeugt und an den Meßwertgeber abgestrahlt und von diesem empfangen wird. Es ist vorgesehen, daß der Meßwertgeber (M) aus mindestens einem Resonator gekoppelt mit mindestens einem nichtlinearen elektronischen Bauteil besteht und der Resonator vom zu messenden Wert beeinflusst wird, daß durch Mischung oder Oberwellenbildung sich in dem nichtlinearen elektronischen Bauteil vielfache der Speisefrequenz oder Summen- oder Differenzfrequenzen mehrerer Speisefrequenzen bilden, und daß diese im Meßwertgeber gebildeten Frequenzen den Resonator anregen, woraufhin dieser auf seiner Meßfrequenz, die unterschiedlich von den Speisefrequenzen ist, die Meßwertinformation an einen Empfänger im Meßsystem sendet, der seinerseits die Meßwertinformation zur weiteren Auswertung zur Verfügung stellt.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidtschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NI	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Vorrichtung zur drahtlosen Übertragung aus bewegten Teilen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur drahtlosen Übertragung von mindestens einem Meßwert aus bewegten Teilen gemäß dem Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche. Eine gattungsmäßige Vorrichtung ist aus der DE-A-37 29 420 bekannt.

Der Erfindung liegt die Problemstellung zugrunde, den Druck und andere Meßwerte aus dem rotierendem Reifen zu ermitteln, in ein elektrisches Signal umzusetzen und anzuzeigen oder z.B. für Druckverlust-Warnmeldungen auszuwerten. Die Ermittlung des Drucks selber und die Umsetzung in eine elektronische Größe ist nach dem Stand der Technik völlig unproblematisch, geeignete Sensoren auf mechanischer oder kapazitiver Basis sowie integrierte Lösungen auf Halbleiterbasis sind hinlänglich bekannt.

Das eigentliche Problem beim Fahrzeug stellt die Datenübermittlung und die Stromversorgung des Drucksensors dar, weil die hohe und stark schwankende Drehzahl des Reifens zusammen mit den Lenk- und Fahrwerksbewegungen und der starken Verschmutzung eine drahtgebundene Übertragung, z.B. über Schleifkontakte, wie auch eine optische oder akustische Übertragung, verbietet.

In hochwertigen Fahrzeugen werden daher Systeme verwendet, die auf induktiver bzw. Funkbasis arbeiten. Zu diesem Zweck wird von einem Generator eine Speisefrequenz erzeugt, die mittels einer Spule bzw. Antenne in der Nähe des Reifens bereitgestellt wird. Diese kann dann von einem Schwingkreis oder anderem Resonator absorbiert oder verstärkt werden, wobei der Resonator von einem Druckgeber beeinflusst wird. Diese Beeinflussung der Grundfrequenz kann dann gemessen und ausgewertet werden. Dies geht beispielsweise aus der EP-A-0 450 653 hervor, welche dem Verfahren der induktiven Zugsicherung ähnelt.

Bei all diesen Verfahren ist jedoch die große Störanfälligkeit von Nachteil, die insbesondere aus der Verwendung derselben Frequenz zur Versorgung des Meßwertgebers und zur Messung resultiert. Hierdurch könne auch solche Dämpfungen oder Verstärkungen der Meßfrequenz als Meßwert fehlinterpretiert werden, die nicht vom Meßwertgeber verursacht sind.

Es wäre daher naheliegend, eine aktive Schaltung in dem Meßwertgeber unterzubringen, die von einer Speisefrequenz versorgt wird und auf einer zweiten Frequenz antwortet. Leider ist die Versorgung durch die schnelle Drehung des Rades über einen akzeptablen Zeitraum jedoch nur dann sichergestellt, wenn die Entfernung zwischen Meßwertgeber und Versorgungsspule bzw. Antenne nur wenig schwankt. Dies erzwingt die Positionierung des Meßwertgebers in der Nähe der Achse und damit die Verwendung einer Spezialfelge, die ihrerseits hohe Kosten verursacht.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, den Meßwert zuverlässig auch bei stark schwankenden Übertragungsverhältnissen und ohne eigene Stromversorgung des Meßwertgebers zu übermitteln.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß jeweils durch die in den unabhängigen Patentansprüchen angegebenen Vorrichtungen gelöst, deren Funktionen im folgenden erläutert werden. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen aufgeführt.

Das System nach der ersten Alternative der Erfindung besteht aus einem im Reifen befindlichen Meßwertgeber ohne eigene Stromversorgung sowie einem fest im Fahrzeug montierten Meßsystem bestehend aus einer oder mehreren Antennen und einer oder mehreren Elektronikbaugruppen.

Die von einem oder mehreren Generatoren erzeugte Speisefrequenz wird über eine Antenne in der Nähe des Reifens abgestrahlt. Diese wird nun von dem Meßwertgeber z.B. über einen Schwingkreis

aufgenommen und an ein nichtlineares Element, z.B. eine Varaktordiode weitergeleitet. An diesem Element bilden sich nun Oberwellen bzw. bei mehreren Speisefrequenzen die Summen- und Differenzfrequenzen dieser. Des weiteren befindet sich im Meßwertgeber ein Resonator, der auf eine geeignete Oberwelle oder Summen- oder Differenzfrequenz abgestimmt ist und vom Meßwert beeinflusst werden kann. Bei der Messung des Reifendrucks bietet sich nun alternativ entweder eine Veränderung der Resonanzfrequenz mittels eines kapazitiven Gebers oder eine Ein- oder Ausschaltung des Resonators mittels Schalter an.

Die so im Meßwertgeber erzeugte und abgestrahlte Meßfrequenz kann nun leicht ohne Störung durch die Speisefrequenz mit einem empfindlichen Empfänger aufgenommen und zur Ermittlung des Meßwertes ausgewertet werden. Der Meßwert wird dann vom Empfänger zur weiteren Auswertung und Anzeige bereitgestellt.

Der Empfänger wird jetzt nicht mehr durch die Speisefrequenz beeinflusst, es sinken die Dynamikanforderungen an dessen Eingangsstufe. Hierdurch wird auch die Verwendung höherer Meß- und Speisefrequenzen möglich, wodurch auch bei hohen Raddrehzahlen genügend Perioden zur sicheren Erkennung bzw. Frequenzbestimmung der Meßfrequenz pro Vorbeilauf des Meßwertgebers an den festen Antennen übertragen werden. Des weiteren erhöht sich bei den nun möglichen höheren Frequenzen die Übertragungreichweite.

Eine Vorrichtung nach der ersten erfindungsgemäßen Alternative ist beispielhaft in den Fig. 1 bis 3 erläutert. In Fig. 1 werden die Speisefrequenzen von  $f_1=2,41$  GHz und  $f_2=2,45$  GHz durch die Generatoren G1 und G2 erzeugt, über Verstärker V1 und V2 verstärkt und über eine Antenne A1 dem Reifen zugeleitet.

Im Reifen befindet sich der Meßwertgeber M zum Übertragen des Zustandes eines Druckschalters. Der Meßwertgeber M ist im Detail in der Fig. 2 beschrieben. Wenn der Schalter S1 in Fig. 2 bei zu niedrigem Druck geschlossen ist, ist der Geber kurzgeschlossen

und außer Funktion. Es wird daher keine Meßfrequenz abgestrahlt. Im anderen Fall wird die Frequenz durch die Antenne A2 mit (Streifenleiter-) Schwingkreis L1/C1 aufgenommen und der Varaktordiode D1 zugeführt. Dort bildet sich die Differenzfrequenz von  $f_3 = f_2 - f_1$  (=40 MHz), welche den Quarz Q1 anregt und danach über die Antenne A3 abgestrahlt wird.

Fig. 3 zeigt eine alternative Konstruktion für den Meßwertgeber M zur Übermittlung kontinuierlicher Meßwerte. Anstelle des Kurzschlusses durch Schalter S1 tritt eine Veränderung der Resonanzfrequenz des Quarzes Q1 durch den kapazitiven Drucksensor SC1.

Die vom Meßwertgeber M abgestrahlte Meßfrequenz  $f_3$  kann nun von der Antenne A4 aufgenommen und vom Meßempfänger E1 ausgewertet werden. Der Meßwert steht dann als Signal  $s_1$  zur Verfügung.

Die Verwendung einer Varaktordiode (Kapazitätsdiode) als nicht-lineares elektronisches Bauteil im Resonator bietet sich insbesondere aufgrund des sogenannten parametrischen Verstärkungseffektes an.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Speisefrequenzen alle durch Modulation bzw. Mischung einer einzigen Basis-Speisefrequenz mit einem geeigneten Modulationssignal gleichzeitig erzeugt. Besonders vorteilhaft ist in diesem Zusammenhang die I/Q-Modulation mittels von einem Signalprozessor digital erzeugter Modulationssignale. Hierdurch können gleichzeitig beliebig viele Speisefrequenzen erzeugt werden, ohne daß es einer entsprechenden Zahl Generatoren bedürfte. Durch geeignete Berechnung des Spektrums erfolgt daher bei kontinuierlicher Meßwertübertragung (Fig. 3) in jedem Fall für jeden Meßwert sofort eine Resonanzantwort auf der diesem Meßwert zugeordneten Meßfrequenz. Dadurch entfällt die Notwendigkeit einer langsamen Veränderung ("Sweep") der Speisefrequenz(en) zur Abtastung der Resonanzstelle. Die Modulation kann auch durch ein gefiltertes Pseudo-Zufallssignal (Rauschsignal) erfol-

gen.

Ebenso bietet sich im Empfänger die Analog/Digital-Wandlung der empfangenen Meßfrequenz bzw. Empfänger-Zwischenfrequenz und digitale Demodulation bzw. Auswertung mittels DDC (Digital Down Converter) und Signalprozessor (Fourieranalyse) an. Die abgestrahlte Meßfrequenz kann so direkt (ohne "Sweep") ermittelt werden.

Nach einmal ermitteltem Meßwert kann zudem das Spektrum energetisch, z.B. durch geeignete Filterung, auf den Erwartungswert des nächsten Meßwertes konzentriert werden, um die Meßgenauigkeit zu erhöhen.

Sehr vorteilhaft ist aus Kostengründen auch die Integration des Meßwertgebers bestehend aus dem(Druck)-sensor zusammen mit dem nichtlinearen elektronischen Bauteil und dem Resonanzelement auf einem hybriden oder integrierten Schaltkreis, wobei anstelle eines Schwingkreises oder Quarzes z.B. auch ein Oberflächenwellenresonator (SAW) Verwendung finden kann, der direkt durch den Meßwert abgestimmt bzw. geschaltet wird.

Weitere Ausgestaltungsmöglichkeiten der Erfindung sind die Zuführung der Speisefrequenz und der Empfang der Meßfrequenz über nur ein (Koaxial-)Kabel zwischen dem festen Steuergerät und den im Radkasten angebrachten Antennen und Trennung der Frequenzen mittels Hoch-, Tief- oder Bandpass.

Des weiteren kann im Meßwertgeber auch ein weiterer Referenz-Resonator untergebracht werden, der unabhängig vom Meßwert immer konstant auf einer zweiten Meßfrequenz ein Signal zurückstrahlt. Hierdurch können Frequenzverschiebungen z.B. durch den Dopplereffekt etc. im Empfänger wieder herausgerechnet werden. Weitere Meßfrequenzen können z.B. zur Übertragung weiterer Meßwerte wie Reifentemperatur oder strukturelle Beanspruchung (Kräfte) verwendet werden.

Eine Weiterbildung besteht darin, daß sich das Modulationssignal aus einem gefilterten (Pseudo-) Zufallssignal ableitet, wobei das resultierende Spektrum energetisch auf die dem Erwartungswert der Meßfrequenz entsprechenden Speisefrequenzen konzentriert wird. Zudem ist vorgesehen, daß in dem nichtlinearen elektronischen Bauteil die Differenzfrequenz zweier Speisefrequenzen als neue Meßfrequenz gebildet wird und daß als Resonator im Meßwertgeber ein Quarz Verwendung findet, der kapazitiv verstimmbar wird oder daß als Resonator im Meßwertgeber ein Oberflächenwellenfilter Verwendung findet.

Das System nach der zweiten Alternative der Erfindung besteht aus einem im Reifen befindlichen Meßwertgeber ohne eigene Stromversorgung sowie einem fest im Fahrzeug montierten Meßsystem bestehend aus einer oder mehreren Antennen und einer oder mehreren Elektronikbaugruppen, die in ihrer Gesamtheit nachfolgend unter dem Begriff Steuergerät zusammengefaßt werden. Der Vorteil dieser Vorrichtung liegt darin, daß es mit einem Frequenzband auskommen kann. Eine Vorrichtung der zweiten erfindungsgemäßen Alternative ist in Fig. 4 beispielhaft gezeigt.

In dem Steuergerät befindet sich mindestens ein Hochfrequenzgenerator G1 für ein Trägersignal  $f_1$ , vorzugsweise im sogenannten Mikrowellen-Frequenzbereich um 2,4GHz, welches von mindestens einem niederfrequenteren Signal  $f_2$ , erzeugt durch den Generator G2, vorzugsweise im Frequenzbereich von 1 bis 30 MHz, moduliert wird. Insbesondere  $f_2$  kann in seiner Frequenz (z.B. durch einen Mikrocomputerbefehl) verändert werden, oder es werden mehrere Frequenzen  $f_2$  ( $f_{2.1}$  bis  $f_{2.n}$ ) gleichzeitig aufmoduliert (z.B. durch Rückwärts-Fouriertransformation oder FFT). Die Modulation findet in diesem Beispiel im Modulator MO1 statt, kann alternativ aber auch direkt im Hochfrequenzgenerator (G1) durchgeführt werden. Das resultierende Signal wird verstärkt und in der Nähe des Reifens über eine Antenne A1 abgestrahlt.



Die Modulation ist vorzugsweise eine Amplituden- oder I/Q-Modulation. Gemäß den für solche Modulationen geltenden Gleichungen entstehen im Spektrum links und rechts neben der Trägerfrequenz weitere Seitenbänder, konkret z.B. bei der Amplitudenmodulation bei  $f_1+f_2$  und  $f_1-f_2$ . Im Falle der Verwendung mehrerer Frequenzen  $f_2$  ergibt sich so durch deren Summe ein Seitenbandspektrum, dies ist in der Zeichnung ebenfalls beispielhaft dargestellt.

In dem Reifen befindet sich ein Meßwertgeber MG1 (Transponder), bestehend aus mindestens einer Antenne A2, mindestens einer Diode D1, vorzugsweise als Schottky- oder Detektordiode, sowie wenigstens eines im Bereich des Signals  $f_2$  frequenzselektiven Absorberelementes mit Absorptionsmaximum bei der Frequenz  $f_3$ , welches durch den Reifendruck beeinflusst wird. Hierbei kann es sich z.B. um einen Quarz oder ein Keramikfilter handeln, die Beeinflussung verstimmt vorzugsweise dessen Resonanzfrequenz  $f_3$  oder die Güte und damit den Grad der Absorption. Ein Keramikfilter wird sinnvollerweise mit einem Widerstand abgeschlossen, in diesem wird die aufgenommene zur Absorption bestimmte Energie in Wärme umgesetzt. In der Zeichnung wurde beispielhaft das Absorberelement aus einem Filter FI1 zusammen mit einem Widerstand R1 gebildet.

Zur Beeinflussung des Absorberelementes kann z.B. ein kapazitiver Drucksensor verwendet werden, natürlich wäre aber auch eine Abschaltung des gesamten Meßwertgebers bei Unterdruck oder anderen zu übertragenden Ereignissen mittels Schalter denkbar. Wichtig ist, daß sich das Absorberelement bezüglich dritter Frequenzen hochohmig verhält. Der Drucksensor bildet im Zeichnungsbeispiel mit dem Filter FI1 eine Einheit.

Ein Quarz wird durch diesen kapazitiven Drucksensor gezogen und dadurch in seiner Resonanzfrequenz beeinflusst.

Bei einem Keramikfilter bietet sich die Veränderung des Abschlußwiderstandes oder anderer Last- oder Blindwiderstände

durch den Meßwert an, hierdurch wird die Filtercharakteristik meßbar beeinflußt.

Selbstverständlich können auch ein oder mehrere gewöhnliche Filter z.B. bestehend aus L/C-Schwingkreisen oder R/C-Pässen, die durch resistive, induktive oder kapazitive Sensoren beeinflußt werden, im Absorber verwendet werden.

Der Meßwertgeber hat nun einen besonderen Einfluß auf das in der Nähe des Reifens befindliche elektromagnetische Feld: Die von einem oder vorzugsweise mehreren Generatoren erzeugte modulierte Speisefrequenz wird über eine Antenne in der Nähe des Reifens abgestrahlt. Diese wird nun von dem Meßwertgeber aufgenommen und mittels des nichtlinearen Elementes, z.B. durch Gleichrichtung in der Diode, demoduliert. Hierdurch wird im Meßwertgeber die Modulationsfrequenz  $f_2$  zurückgewonnen. Sofern diese nun mit der Resonanzfrequenz  $f_3$  des Absorptionselementes übereinstimmt, wird sie belastet und ihre Energie z.B. in Wärme umgesetzt.

Hierdurch wird aber aus dem Feld selektiv Energie entnommen, und zwar z.B. bei einer Amplitudenmodulation ausschließlich bei diesen Seitenbandfrequenzen, die zum Träger etwa den Abstand  $f_3$  haben. Sofern die Modulationsfrequenz  $f_2$  nun in die Nähe der Frequenz  $f_3$  gerät, entsteht eine starke Dämpfung der Seitenbänder  $f_1+f_2$  und  $f_1-f_2$ . Diese Dämpfung kann nun vom Steuergerät gemessen werden und aus dieser somit auf den Reifendruck und andere Meßwerte geschlossen werden. Hingegen bleiben andere Seitenbandfrequenzen und der Träger von der Dämpfung weitgehend unbeeinflusst.

Diese Unterscheidung zu einer breitbandigen Dämpfung z.B. durch Wassereinfluß macht eine sichere Erkennung des Meßwertgebersignals durch das Steuergerät und die Herausrechnung von Störungen möglich und stellt den wesentlichen Vorteil der Erfindung gegenüber bisherigen Systemen dar. In der Zeichnung wurde das

gedämpfte Spektrum mehrerer f2 Frequenzen beispielhaft an der Empfangsantenne A3 angedeutet.

Die Messung der Dämpfung erfolgt vorzugsweise mittels eines Empfängers E1 im Steuergerät mit Antenne A3 in der Nähe des Reisenden, hierbei kann auch die Sendeantenne mitverwendet werden. Nach Analyse, z.B. durch Demodulation, und Umrechnung im Empfänger steht dann die Druckinformation als Signal s1 bereit. Der Empfänger ist vorzugsweise ein Überlagerungsempfänger (Superhet), durch Verstimmen des Überlagerungsoszillators können mehrere Frequenzen nacheinander abgefragt werden.

Besonders vorteilhaft ist in diesem Fall die Unterbringung der ersten Eingangsverstärker- und/oder Mischerstufe in miniaturisierter Bauweise in der Antenne selber, ein Mischer kann hierbei vom Sendesignal oder auch mit einer weiteren Frequenz hochfrequenzmäßig (lokales Oszillatorsignal) und mittels Gleichspannungsentkopplung auch mit Versorgungsspannung über ein gemeinsames Antennenkabel versorgt werden. Als wesentlicher Vorteil ergibt sich hier die frequenzmäßige Trennung von Sende- und Empfangssignal und damit die Möglichkeit der Verwendung nur eines (Koaxial-)Antennenkabels für beide Signale und für die Stromversorgung von Vorverstärker und Mischer.

Eine andere Ausführung der Erfindung detektiert das Feld mittels eines an einem Richtkoppler in der Antennenzuleitung angeschlossenen Empfängers, durch den Richtkoppler wird eine Trennung in hin- und rücklaufende Wellen vorgenommen, durch Auswertung beider Signale des Richtkopplers kann auf den Grad der Absorption geschlossen werden.

Bei gleichzeitiger Modulation mit mehreren Frequenzen, sei es durch Rückwärts-Fouriertransformation, Pseudo-Zufallsrauschen und/oder I/Q-Modulation kann das veränderte elektromagnetische Leistungsdichte-Spektrum z.B. durch Digitalisierung mittels A/D-Wandler und Weiterverarbeitung mittels Digital Down Converter und/oder Signalprozessor gleichzeitig auf mehreren Seitenband-

Frequenzen abgefragt werden. Die Phaseninformation kann zur Auswertung der Frequenz-Ziehrichtung des Absorptionselementes und damit zur schnellen Ermittlung der Mittenfrequenz (für maximale Absorption)  $f_3$  des Absorptionselementes verwendet werden, hier kommt vorzugsweise das Newtonsche Approximationsverfahren zum Einsatz. Daneben ist auch die Auswertung des Frequenzspektrums durch neuronale Netze denkbar. Vorteilhaft sind hier zeitgesteuerte Gewichtungnetzwerke, wie im Patent DE 4105669 desselben Erfinders beschrieben.

Die Trägerfrequenz  $f_1$  sollte mittels eines stabilen Oszillators mit geringem Phasenrauschen erzeugt werden. Durch PLL-Regelung der Frequenz  $f_1$  kann mittels Mikrocomputerbefehls festgestellten Störungen und Frequenzbelegungen durch andere Nutzer, z.B. andere Fahrzeuge, gezielt ausgewichen werden, ohne daß dadurch der Kontakt zum Meßwertgeber verloren geht, da es für diesen bei nicht allzu großen Änderungen von  $f_1$  nur auf die Modulation ankommt. Der Empfänger muß natürlich ebenfalls entsprechend umgestimmt werden. Diese Möglichkeit des Frequenzwechsels im Störfall stellt einen weiteren wesentlichen Vorteil der Erfindung dar.

Die Störungen können über denselben Empfänger E1 erkannt werden, der auch die Dämpfungsauswertung vornimmt. Daneben können sich gleichartige Systeme über gezielte Modulation zusätzlicher Informationen über die Frequenzbelegung verständigen, aber auch andere Informationen miteinander austauschen. Denkbar wäre z.B. die Mitbenutzung der Baugruppen mit oder ohne Zusatzantenne zur gegenseitigen Kollisionswarnung von Fahrzeugen.

Die Erzeugung der Modulationsfrequenz(en)  $f_2$  erfolgt sinnvollerweise mittels eines D/A Wandlers durch direkte digitale Synthese. Sehr reine Frequenzen können mittels eines sogenannten Phasenakkumulators mit nachfolgender Sinus/Cosinus-Tabelle erzeugt werden. Durch gefilterte Pseudo-Zufalls-Phasensprünge kann dabei die Signalbreite im Spektrum nach Belieben auch ggf. mittels Mikrocomputerbefehl verändert werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführung der Erfindung erfolgt die Erkennung des Seitenband-Absorptionsmaximums mittels digitaler Phasenregelschleife mit Digitalfiltern und Nutzung des Filterergebnisses zur Änderung des Phaseninkrements des Phasenakkumulators der direkten digitalen Synthese.

Theoretisch ist auch ein Einsatz einer Winkelmodulation (Phasen- oder Frequenzmodulation) des Signals  $f_1$  durch  $f_2$  möglich, da auch hier bei  $n \times (f_1 + f_2)$  und  $n \times (f_1 - f_2)$  Seitenbandfrequenzen auftreten, jedoch ist deren Stärke u.a. durch komplizierte Besselfunktionen bestimmt und daher der Einfluß der Absorption schwerer zu ermitteln. Hingegen könnte durch Einsatz eines passiven FMDetektors im Meßwertgeber, z.B. Ratiometektor, die Fehlersicherheit weiter verbessert werden.

Zur Versorgung weiterer aktiver Komponenten im Meßwertgeber kann auch ein Teil des Trägersignals durch Gleichrichtung in eine Gleichspannung umgewandelt werden, ebenso kann auch die Dämpfung durch Belastung des Trägers ausgewertet werden.

Die gesamte Steuerung des Systems erfolgt vorzugsweise über einen Mikrocomputer oder Signalprozessor, der auch die weitere Verarbeitung, Umrechnung und Auswertung der Meßwerte übernehmen kann.

Sehr vorteilhaft ist aus Kostengründen auch die Integration des Meßwertgebers bestehend aus dem (Druck-)sensor zusammen mit dem nichtlinearen elektronischen Bauteil und dem Resonanzelement auf einem hybriden oder integrierten Schaltkreis, wobei anstelle eines Keramikfilters oder Quarzes z.B. auch ein Oberflächenwellenresonator (SAW) oder integrierte L/C Schwingkreise Verwendung finden können, die direkt durch den Meßwert abgestimmt bzw. geschaltet werden.

Des weiteren kann im Meßwertgeber auch ein weiteres Referenz-Absorptionselement untergebracht werden, das unabhängig vom Meß-

wert immer konstant auf einer von der Meßfrequenz  $f_3$  unabhängigen Seitenbandfrequenz ein Signal absorbiert. Hierdurch können Frequenzverschiebungen z.B. durch den Dopplereffekt etc. im Empfänger wieder herausgerechnet werden. Weitere Meßfrequenzen  $f_2$  können z.B. zur Übertragung weiterer Meßwerte wie Reifentemperatur oder strukturelle Beanspruchung (Kräfte) verwendet werden.

Eine Weiterbildung besteht darin, daß das Absorptionsmaximum des Absorbers im Meßwertgeber durch eine (vorzugsweise digitale) Phasenregelschleife, bestehend aus (vorzugsweise digitalem) Phasenvergleich, (vorzugsweise digitalem) Filter und frequenzvariablen Oszillator (VCO), vorzugsweise realisiert durch einen digitalen Phasenakkumulator, dessen Inkrement durch den Filterausgangswert gesteuert wird, ermittelt wird.

Vorteilhaft ist, daß das Absorptionsmaximum des Absorbers im Meßwertgeber durch ein nach Bedarf künstlich, insbesondere durch Pseudozufallsrauschen, verbreitertes diskretes Modulationssignal mittels sukzessiver Approximation, insbesondere Newton-Approximation, ermittelt wird.

Weiterhin ist vorgesehen, daß das nichtlineare elektronische Bauteil im Meßwertgeber eine Schottkydiode oder Detektordiode ist.

Bevorzugt ist zudem, daß als Absorber im Meßwertgeber ein Quarz oder Keramikfilter oder Schwingkreisfilter mit Abschlußwiderstand Verwendung findet, wobei der Filter induktiv, kapazitiv oder durch Belastung, jeweils abhängig vom Meßwert, verstimmt wird und daß eine erste Verstärkung und/oder Frequenzumsetzung des Meßsignals, welches aus der Vermessung des elektromagnetischen Feldes resultiert, bereits in der Antennenbaugruppe vorgenommen wird, wodurch ein zweites Kabel für das Meßsignal eingespart werden kann.

Die Vorrichtung nach der dritten Alternative der Erfindung be-

rücksichtigt insbesondere das Problem, daß, bedingt durch die Bauart des Empfängers und die nur schwierig zu erreichende Abschirmung von den Speisesignalen in der Eingangsstufe des Empfängers ebenfalls Mischprodukte gebildet werden, die den Empfang des Meßsignals stören können und nur schwer von diesem zu trennen sind.

Das System gemäß der dritten Alternative der Erfindung besteht aus einem im Reifen befindlichen Meßwertgeber ohne eigene Stromversorgung sowie einem fest im Fahrzeug montierten Meßsystem bestehend aus einer oder mehreren Antennen und einer oder mehreren Elektronikbaugruppen, die in ihrer Gesamtheit nachfolgend unter dem Begriff Steuergerät zusammengefaßt werden. Dieses System ist beispielhaft in Verbindung mit Fig. 5 erläutert.

In dem Steuergerät befindet sich mindestens ein Hochfrequenzgenerator G1 für ein Trägersignal  $f_1$ , vorzugsweise im sogenannten Mikrowellen-Frequenzbereich um 2,4GHz, welches von mindestens einem niederfrequenten Signal  $f_2$ , erzeugt durch den Generator G2, vorzugsweise im Frequenzbereich von 1 bis 30 MHz, moduliert wird. Durch diese Modulation werden die nötigen Speisefrequenzen erzeugt. Das resultierende Signal wird verstärkt und in der Nähe des Reifens über eine Antenne A1 abgestrahlt.

Die Modulation ist vorzugsweise eine Amplituden- oder I/Q-Modulation. Gemäß den für solche Modulationen geltenden Gleichungen entstehen im Spektrum links und rechts neben der Trägerfrequenz weitere Seitenbänder, konkret z.B. bei der Amplitudenmodulation bei  $f_1+f_2$  und  $f_1-f_2$ . Im Falle der Verwendung mehrerer Frequenzen  $f_2$  ergibt sich so durch deren Summe ein Seitenbandspektrum, dies ist in der Zeichnung ebenfalls beispielhaft dargestellt.

Die Modulation kann durch den elektronischen Schalter S1 abgeschaltet werden, der Schalter wird von einem Zeitgeber T1 periodisch gesteuert.

In dem Reifen befindet sich ein Meßwertgeber MG1 (Transponder), bestehend aus mindestens einer Antenne A2, einem Empfänger mit mindestens einer Diode D1, vorzugsweise als Schottky- oder Dektordiode, sowie einem Quarz-Resonator Q1, der von dem empfangenen Modulationssignal angeregt wird. Dieser Quarz-Resonator ist nun seinerseits wieder mit einer Modulator- bzw. Mischerdiode D2, vorzugsweise einer Varaktordiode zwecks Nutzung der parametrischen Verstärkung, gekoppelt. Daneben wird er durch den Meßwert verstimmt (gezogen).

Zum Zeitpunkt t1 wird nun die Modulation durch den Schalter S1 abgeschaltet und kurz darauf zu einem Zeitpunkt t2 der Empfänger E1 aktiviert (EN-Enable Eingang), t2 folgt ca. 1µs (Mikrosekunde) auf t1.

Wenn nun die Modulation der Speisefrequenz abgeschaltet wird, so wird der Quarz Q1 noch ca. 1ms weiterschwingen und aufgrund des weiterhin vorhandenen Trägers diese Speisefrequenz über die Modulatordiode D2 modulieren. Dies geschieht jedoch nur dann, wenn die Modulationsfrequenz f2 den Quarz Q1 schon vorher angeregt hatte, d.h. wenn die Modulationsfrequenz in etwa dem vermuteten Meßwert entspricht. Der Empfänger sieht nun an seiner Antenne A4 ein modulierte Signal von A3, ohne daß das Speisesignal von A1 moduliert ist und Störungen verursachen könnte, und kann somit aus der Modulation auf den Meßwert schließen. Bei Fehlen der Modulation oder zu schwacher Modulation können weitere vermutete Meßwerte iterativ abgetastet werden (z.B. durch sukzessive Approximation oder Newton-Iteration), bei gänzlichem Unterbleiben jeder Modulation ist von einem Defekt des Meßwertgebers auszugehen, dies kann dem Nutzer signalisiert werden.

Selbstverständlich können anstelle des Quarzes auch andere langnachschrwingende Resonatoren, z.B. SAW-, Piezo- oder Stimmgabelresonatoren verwendet werden. Theoretisch wäre auch ein ungedämpfter Schwingkreis denkbar, praktisch wird dies jedoch an der unvermeidlichen Dämpfung scheitern.



Daneben ist anstelle der Abfrage mittels Modulation auch die Abfrage im Basisband ohne Modulator und Demodulator im Meßwertgeber denkbar, wobei jedoch aufgrund der allgemein verfügbaren Frequenzen eher eine Mikrowellenfrequenz mit Modulation in Frage kommt.

Besonders vorteilhaft ist in diesem Fall die Unterbringung der ersten Eingangsverstärker- und/oder Mischerstufe in miniaturisierter Bauweise in der Antenne selber, ein Mischer kann hierbei vom nach t1 verbleibenden unmodulierten Sendesignal (direkte Umsetzung in das Basisband) oder auch mit einer weiteren Frequenz hochfrequenzmäßig (lokales Oszillatorsignal) und mittels Gleichspannungsentkopplung auch mit Versorgungsspannung über ein gemeinsames Antennenkabel versorgt werden. Als wesentlicher Vorteil ergibt sich hier die frequenzmäßige Trennung von Sende- und Empfangssignal und damit die Möglichkeit der Verwendung nur eines (Koaxial-) Antennenkabels für beide Signale und für die Stromversorgung von Vorverstärker und Mischer.

Besonders vorteilhaft ist eine solche Anordnung zusammen mit gerichteten Planarantennen, weil hierdurch gerichtetes Senden zum und Empfangen vom Meßwertgeber mit Trennung beider Signalwege möglich wird.

Bei gleichzeitiger Modulation mit mehreren Frequenzen, sei es durch Rückwärts-Fouriertransformation, Pseudo-Zufallsrauschen und/oder I/Q-Modulation tritt in jedem Fall eine Anregung des Quarzes oder anderen Resonators unabhängig vom Meßsignal ein.

Daneben kann das nachschwingende Antwortsignal z.B. durch Digitalisierung mittels A/D-Wandler und Weiterverarbeitung mittels Digital Down Converter und/oder Signalprozessor gleichzeitig auf mehreren Frequenzen abgefragt werden. Da in der Nachschwingphase nach t1 die Frequenz unbeeinflusst von der Anregung durch die Speisefrequenzmodulation ist, kann so eine präzise Bestimmung des Meßwerts durchgeführt werden. Vorteilhaft ist hier eine Kombination aus Filterung und Frequenzmessung durch Bestimmung der

Periodendauer oder eine Anwendung der schnellen Fouriertransformation. Auch die Auswertung der hierbei entstehenden Phaseninformation kann zusätzlich zur Frequenzinformation zur Festlegung des Energiemaximums des Speisesignals (zur Änderungstendenzerkennung) bei der nächsten Messung vorteilhaft sein.

Die Trägerfrequenz  $f_1$  sollte mittels eines stabilen Oszillators mit geringem Phasenrauschen erzeugt werden. Durch PLL-Regelung der Frequenz  $f_1$  kann mittels Mikrocomputerbefehls festgestellten Störungen und Frequenzbelegungen durch andere Nutzer, z.B. andere Fahrzeuge, gezielt ausgewichen werden, ohne daß dadurch der Kontakt zum Meßwertgeber verloren geht, da es für diesen bei nicht allzu großen Änderungen von  $f_1$  nur auf die Modulation ankommt. Der Empfänger muß natürlich ebenfalls entsprechend umgestimmt werden. Diese Möglichkeit des Frequenzwechsels im Störungsfall stellt einen weiteren wesentlichen Vorteil der Erfindung dar.

Die Erzeugung der Modulationsfrequenz(en)  $f_2$  erfolgt sinnvollerweise mittels eines D/A Wandlers durch direkte digitale Synthese. Sehr reine Frequenzen können mittels eines sogenannten Phasenakkumulators mit nachfolgender Sinus/Cosinus-Tabelle erzeugt werden. Durch gefilterte Pseudo-Zufalls-Phasensprünge kann dabei die Signalbreite im Spektrum nach Belieben auch ggf. mittels Mikrocomputerbefehl verändert werden.

Die Vorgabe der Zeitpunkte  $t_1$  und  $t_2$  erfolgt sinnvollerweise durch einen prozessorgesteuerten Zeitgeber, entweder per Software oder als Hardware-Timer. Besonders vorteilhaft ist hierbei die Synchronisation beider Zeitpunkte sowie der Wiedereinschaltung zwecks erneuter Anregung mit der Reifendrehung. Hierdurch wird der Meßwertgeber zu einem Zeitpunkt angeregt, in dem er sich besonders nahe an der Antenne des Meßsystems befindet.

Die gesamte Steuerung des Systems erfolgt vorzugsweise über einen Mikrocomputer oder Signalprozessor, der auch die weitere Verarbeitung, Umrechnung und Auswertung der Meßwerte übernehmen

kann. Der Mikrocomputer kann auch eine geeignete Staffelung der Anregungen bei mehreren Resonatoren bzw. Meßwertgebern vornehmen, ein optimales Zeitverhalten wird durch Start der Anregung eines weiteren Resonators bereits während der Meßzeit nach  $t_2$  oder sogar  $t_1$  des vorherigen Resonators auf einer anderen Anregungsfrequenz erreicht.

Sehr vorteilhaft ist aus Kostengründen auch die Integration des Meßwertgebers bestehend aus dem (Druck-)sensor zusammen mit dem nichtlinearen elektronischem Bauteil und dem Resonanzelement auf einem hybriden oder integrierten Schaltkreis.

Des weiteren kann im Meßwertgeber auch ein weiterer Referenz-Quarz oder anderweitiger Resonator untergebracht werden, der unabhängig vom Meßwert immer konstant auf einer von der Meßfrequenz unabhängigen weiteren Frequenz reagiert. Hierdurch können Frequenzverschiebungen z.B. durch den Dopplereffekt etc. im Empfänger wieder herausgerechnet werden. Weitere Meßfrequenzen  $f_2$  können z.B. zur Übertragung weiterer Meßwerte wie Reifentemperatur oder strukturelle Beanspruchung (Kräfte) verwendet werden.

Natürlich kann durch Relais- oder elektronische Umschaltung von mehreren Antennen auf eine Elektronikeinheit dieselbe Elektronikeinheit im Multiplexverfahren zum Messen an unterschiedlichen Reifen oder auch am Reserverad verwendet werden.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die Messung des Reifendrucks beschränkt, sondern kann generell zur zuverlässigen Ermittlung von Meßwerten im Bereich schnell bewegter Teile verwendet werden.

Es ist eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung, daß als Resonator ein Quarz verwendet wird, der durch einen kapazitiven oder induktiven Sensor oder mechanisch durch Belastung oder Temperaturänderung verstimmt (gezogen) wird. Weiterhin ist vorgese-

hen, daß nach Abschaltung der Anregung einer Frequenzbestimmung der Nachschwingung durch Filterung und Periodendauermessung, ggf. nach der notwendigen Demodulation, durchgeführt wird und hieraus der Meßwert durch Umrechnung abgeleitet wird.

Die Erfindung ist dadurch weitergebildet, daß nach erfolgter Anregung des Meßwertgebers die Modulation seitens des speisenden Meßsystems abgeschaltet wird und somit eine weitere Modulation der verbleibenden unmodulierten Speisefrequenz ausschließlich durch den Meßwertgeber erfolgt, die somit ungestört von der speisenden Modulation gemessen werden kann.

Eine andere Ausführungsform der Erfindung besteht darin, daß die nach Anregung und Abschaltung derselben verbleibende Speisefrequenz gleichzeitig zur Mischung im Empfänger des Meßsystems verwendet wird, dessen erste Stufen vorzugsweise mit der Antenne eine bauliche Einheit bilden.

Bevorzugt ist zudem, daß eine gerichtete Anstrahlung des Meßwertgebers und Rückstrahlung von diesem durch Verwendung von Richt-, insbesondere Planarantennen erfolgt und daß die Ein- und Abschaltung der Anregung des Meßwertgebers periodisch durch einen Zeitgeber gesteuert erfolgt, welcher mit der Raddrehung synchronisiert ist.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur drahtlosen Übertragung von mindestens einem Meßwert aus bewegten Teilen, insbesondere zur Messung des Reifendrucks in Kraftfahrzeugen, bestehend aus
  - einem Meßwertgeber, insbesondere einem Druckmesser im Reifen, und
  - einem Meßsystem, welches seinerseits aus mindestens einer Antenne in der Nähe des Meßwertgebers sowie mindestens einer Elektronikbaugruppe besteht,
  - wobei im Meßsystem zumindest eine Speisefrequenz erzeugt und an den Meßwertgeber abgestrahlt und von diesem empfangen wird,dadurch gekennzeichnet,
  - daß der Meßwertgeber aus mindestens einem Resonator gekoppelt mit mindestens einem nichtlinearen elektronischen Bauteil besteht und der Resonator vom zu messenden Wert beeinflusst wird,
  - daß durch Mischung oder Oberwellenbildung sich in dem nichtlinearen elektronischen Bauteil Vielfache der Speisefrequenz oder Summen- oder Differenzfrequenzen mehrerer Speisefrequenzen bilden,
  - daß diese im Meßwertgeber gebildeten Frequenzen den Resonator anregen, woraufhin dieser auf seiner Meßfrequenz, die unterschiedlich von den Speisefrequenzen ist, die Meßwertinformation an einen Empfänger im Meßsystem sendet, der seinerseits die Meßwertinformation zur weiteren Auswertung zur Verfügung stellt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß mehrere Speisefrequenzen durch Modulation einer gemeinsamen Basis-Speisefrequenz mit einem geeigneten Modulationssignal, er-

zeugt werden.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t,  
daß mehrere Meßfrequenzen durch Analog/Digital-Wandlung und  
nachfolgende digitale Signalverarbeitung gleichzeitig empfangen  
und ausgewertet werden.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t,  
daß mehrere Meßfrequenzen zum Übertragen weiterer Meß- oder Re-  
ferenzwerte verwendet werden.
5. Vorrichtung zur drahtlosen Übertragung von mindestens einem  
Meßwert aus bewegten Teilen, insbesondere zur Messung des Rei-  
fendrucks in Kraftfahrzeugen, bestehend aus
- einem Meßwertgeber, insbesondere einem Druckmesser  
im Reifen, und
  - einem Meßsystem, welches seinerseits aus mindestens  
einer Antenne in der Nähe des Meßwertgebers sowie  
mindestens einer Elektronikbaugruppe besteht,
  - wobei im Meßsystem zumindest eine Speisefrequenz  
erzeugt und an den Meßwertgeber abgestrahlt und von  
diesem empfangen wird,
- dadurch g e k e n n z e i c h n e t,  
daß der Meßwertgeber aus mindestens einem frequenzabhängig ar-  
beitenden Absorber gekoppelt mit mindestens einem nichtlinearen  
elektronischen Bauteil besteht und der Absorber in seiner Fre-  
quenz- oder Absorptionscharakteristik vom zu messenden Wert be-  
einflußt wird,
- daß durch Demodulation oder Mischung in dem nichtlinearen  
elektronischen Bauteil des Meßwertgebers die Modulation wieder  
herausgebildet (zurückgenommen) wird,
  - daß diese rückgewonnene Modulation von dem Absorber aufgenom-  
men wird, woraufhin die rückgewonnene Modulation, die in den  
Seitenbändern des Trägers enthalten ist, wobei der Träger auch  
gedämpft oder auch ganz unterdrückt sein kann, dort abhängig vom

Meßwert charakteristisch gedämpft wird,

- daß diese Dämpfung durch Vermessung des elektromagnetischen Feldes mittels eines Empfängers oder durch Überwachung der vor- und rücklaufenden oder stehenden Wellen in die Speiseleitung der mindestens einen Sendeantenne im Meßsystem ausgewertet wird und diese ermittelte Dämpfung als Meßwertinformation zur weiteren Verwendung zur Verfügung steht.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

daß die verwendete Modulation eine Amplitudenmodulation oder mit Phasen- und Frequenzmodulation gemischte Amplitudenmodulation, welche auch als I/Q-Modulation bezeichnet wird, ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

daß gleichzeitig mehrere Frequenzen im analogen, aus der Vermessung des elektromagnetischen Feldes stammenden Signals durch Analog/Digital-Wandlung und nachfolgende digitale Signalverarbeitung, insbesondere Verarbeitung durch Fourieranalyse oder durch digitale Mischung und nachfolgende Tiefpassfilterung (Digital Down Converter), empfangen und ausgewertet werden.

8. Vorrichtung nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

daß eine oder gleichzeitig mehrere Modulationsfrequenzen durch Digital/Analog-Wandlung eines digitalen Datenstroms, welcher insbesondere durch direkte digitale Synthese mittels Phasenakkumulator oder durch Rückwärts-Fouriertransformation gebildet wird, erzeugt und abgestrahlt werden.

9. Vorrichtung zur drahtlosen Übertragung von mindestens einem Meßwert aus bewegten Teilen, insbesondere zur Messung des Reifendrucks in Kraftfahrzeugen, bestehend aus

- einem Meßwertgeber, insbesondere einem Druckmesser im Reifen, und

- einem Meßsystem, welches seinerseits aus mindestens einer Antenne in der Nähe des Meßwertgebers sowie mindestens einer Elektronikbaugruppe besteht,
  - wobei im Meßsystem zumindest eine Speisefrequenz erzeugt und an den Meßwertgeber abgestrahlt und von diesem empfangen wird,
- dadurch g e k e n n z e i c h n e t,
- daß der Meßwertgeber über mindestens einen nachschwingenden Resonator verfügt und der Resonator in Seiner Frequenz- oder Absorptionscharakteristik vom zu messenden Wert beeinflusst wird,
  - daß im Meßsystem eine oder mehrere Speisefrequenzen erzeugt und an den Meßwertgeber abgestrahlt und von diesem empfangen werden,
  - daß durch den Empfang der Speisefrequenz bei Übereinstimmung dieser (direkte Basisband-Anregung) oder bei Übereinstimmung der Modulationsfrequenz der Speisefrequenz (indirekte modulierte Anregung) mit der Resonatorfrequenz der Resonator angeregt wird,
  - daß die Speisefrequenz regelmäßig nach erfolgter Anregung abgeschaltet oder so verändert wird, daß keine Anregung mehr stattfindet,
  - daß der Resonator hiernach nachschwingt und dabei diese Nachschwingungen direkt oder indirekt durch Modulation wieder abstrahlt,
  - daß ein im Meßsystem vorhandener Empfänger diese Nachschwingungen erfaßt und daraus durch Frequenzanalyse und Umrechnung den Meßwert ableitet.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t,  
daß zur indirekten modulierten Anregung das Speisesignal moduliert, insbesondere amplitudenmoduliert wird und diese Modulation durch ein nichtlineares Bauteil, insbesondere eine Detektor-diode, im Meßwertgeber demoduliert und zur Anregung des Resonators verwendet wird.

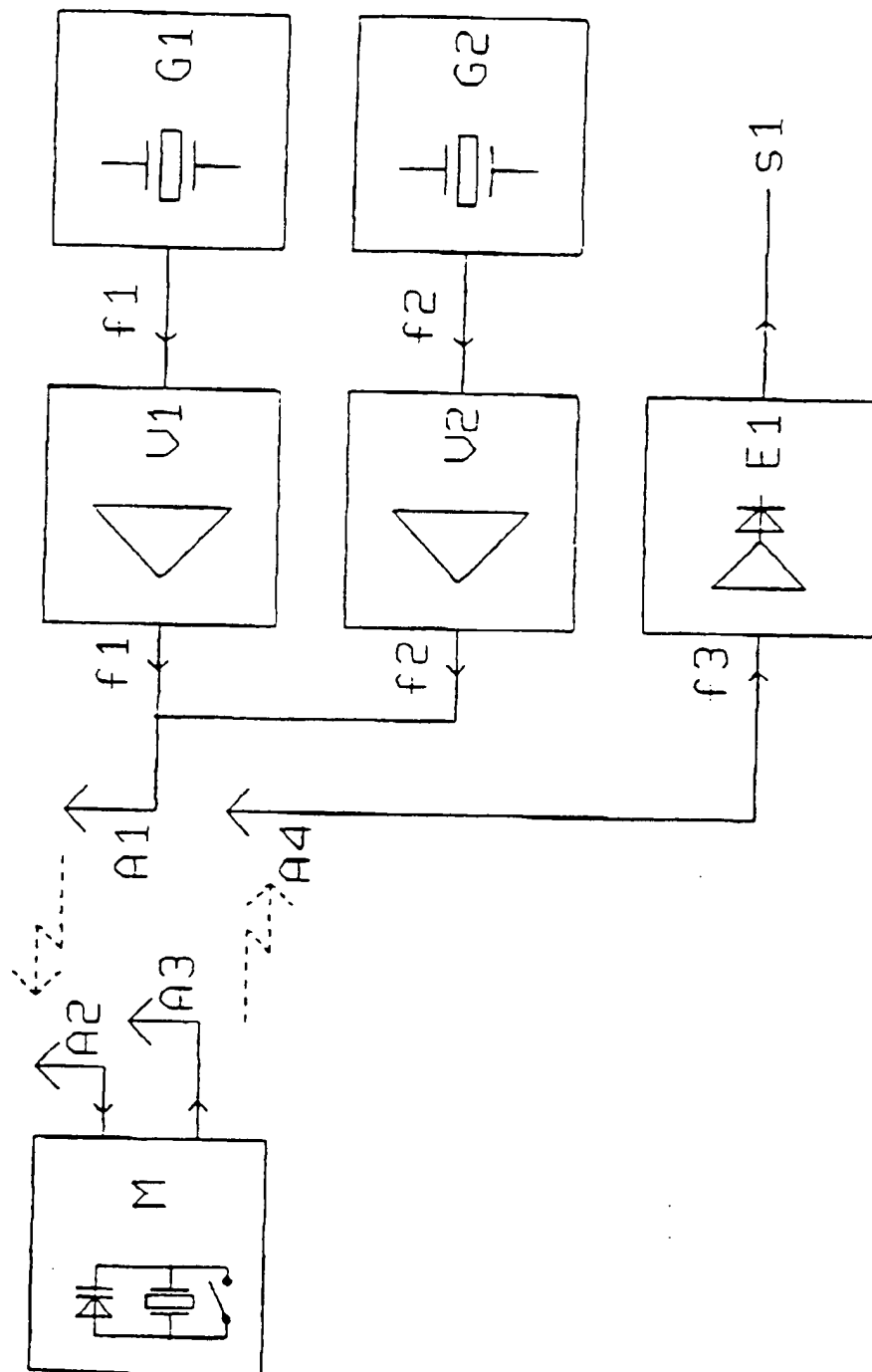


11. Vorrichtung nach Anspruch 9,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t,  
daß die Nachschwingungen des Resonators mit einer nach Abschaltung der Anregung verbleibenden Speisefrequenz in einem nichtlinearen Bauteil des Meßwertgebers, insbesondere einer Varaktordiode mit parametrischer Verstärkung, gemischt werden und so zur Abstrahlung einer modulierten Speisefrequenz als Meßfrequenz durch den Meßwertgeber führen.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t,  
daß die in den Patentansprüchen beschriebenen Funktionen, insbesondere die Funktionen der Elektronikbaugruppen des Meßsystems, nicht durch elektronische Bauteile, sondern ganz oder teilweise mittels eines Computerprogrammes (Software) realisiert werden.

1/4

Fig. 1



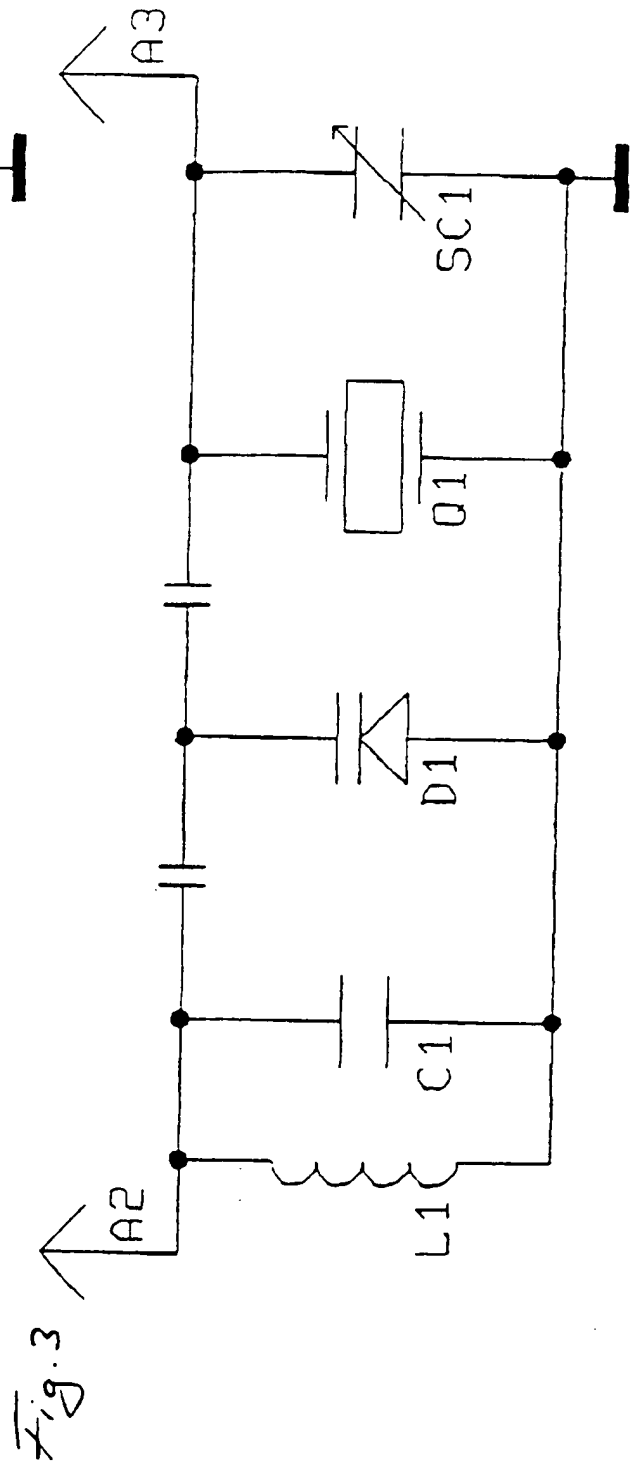
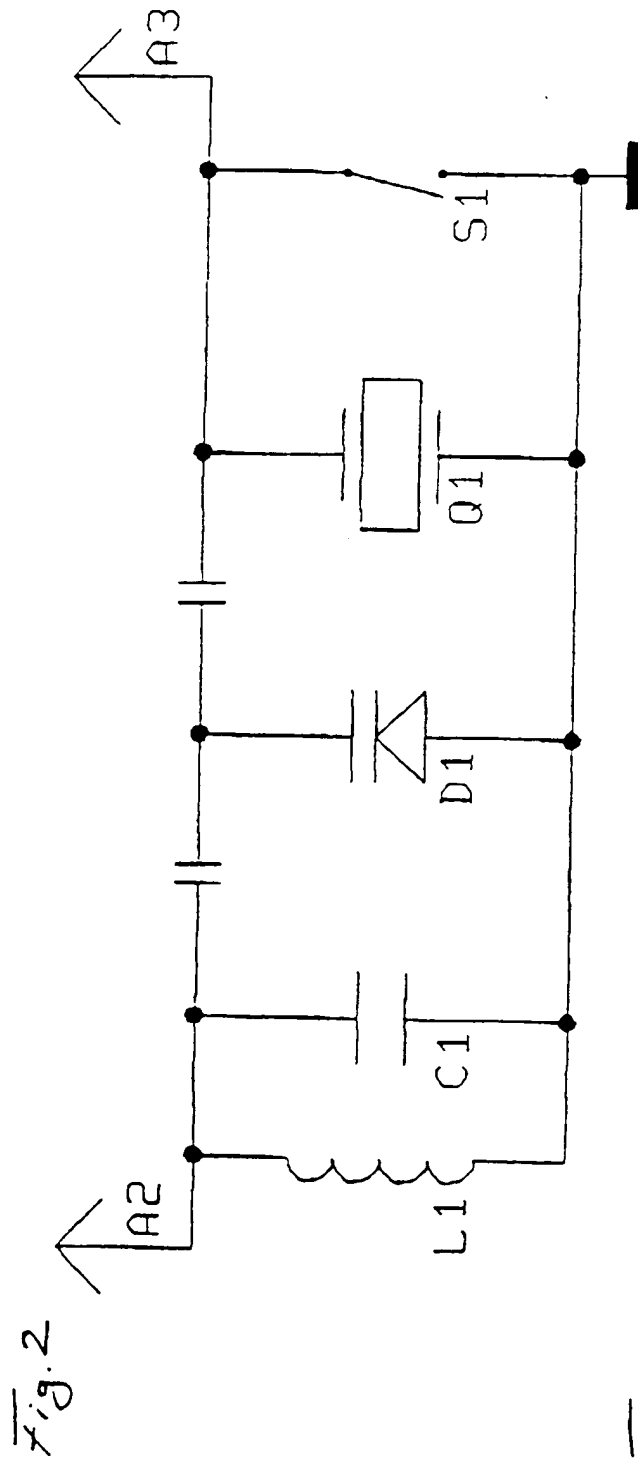


Fig. 4

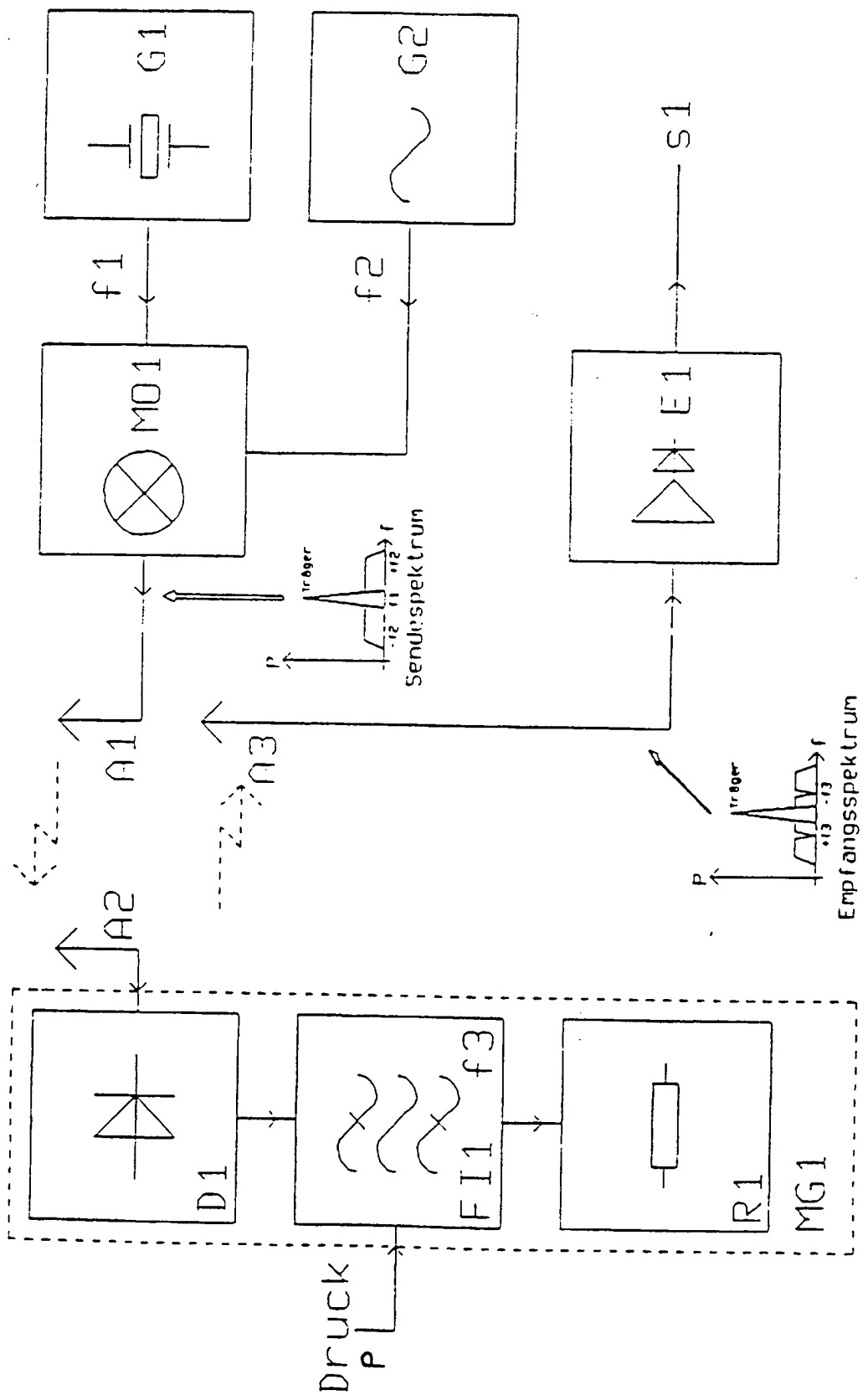
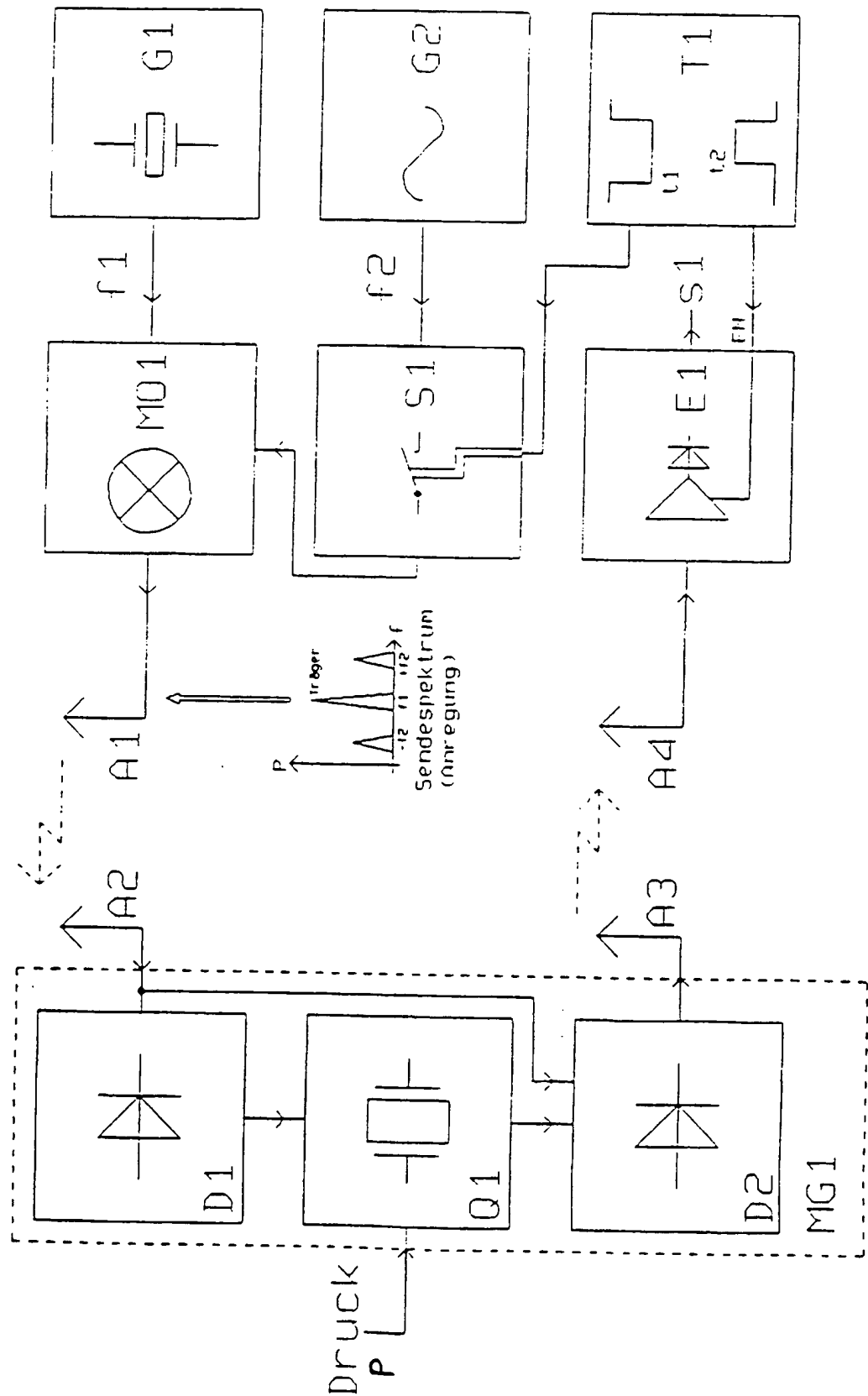


Fig. 5



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No.

PCT/EP 97/02798

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 B60C23/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 B60C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 201 149 A (HOCHSTEIN PETER A ;AISIN SEIKI (JP)) 12 November 1986 see page 6, line 18 - page 8, line 14; figures 1,2	1
X	US 4 409 586 A (HOCHSTEIN PETER A) 11 October 1983 see column 3, line 56 - line 62; figures	1
A	DE 38 01 277 A (VDO SCHINDLING) 27 July 1989 see column 2, line 16 - line 55	3
A	DE 38 01 278 A (VDO SCHINDLING) 27 July 1989 see column 2, line 1 - line 66	7
	-/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*S\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 October 1997

Date of mailing of the international search report

16. 10. 97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hageman, L

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 97/02798

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 045 401 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG) 10 February 1982 see page 2, line 9 - line 14 ---	9
A	US 5 483 827 A (COMPUTER METHODS CORP.E INC) 16 January 1996 see column 15, line 22 - line 34; figure 3 -----	12

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 97/02798

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0201149 A	12-11-86	US 4450431 A	22-05-84
		CA 1180415 A	01-01-85
		EP 0067547 A	22-12-82
		JP 1796540 C	28-10-93
		JP 4079040 B	14-12-92
		JP 57197694 A	03-12-82
-----			
US 4409586 A	11-10-83	JP 1730022 C	29-01-93
		JP 4015514 B	18-03-92
		JP 57197695 A	03-12-82
-----			
DE 3801277 A	27-07-89	NONE	
-----			
DE 3801278 A	27-07-89	NONE	
-----			
EP 0045401 A	10-02-82	DE 3029563 A	25-02-82
		US 4567459 A	28-01-86
-----			
US 5483827 A	16-01-96	NONE	
-----			



A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 B60C23/04

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 B60C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 201 149 A (HOCHSTEIN PETER A ;AISIN SEIKI (JP)) 12.November 1986 siehe Seite 6, Zeile 18 - Seite 8, Zeile 14; Abbildungen 1,2 ---	1
X	US 4 409 586 A (HOCHSTEIN PETER A) 11.Oktober 1983 siehe Spalte 3, Zeile 56 - Zeile 62; Abbildungen ---	1
A	DE 38 01 277 A (VDO SCHINDLING) 27.Juli 1989 siehe Spalte 2, Zeile 16 - Zeile 55 ---	3
A	DE 38 01 278 A (VDO SCHINDLING) 27.Juli 1989 siehe Spalte 2, Zeile 1 - Zeile 66 ---	7
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. Oktober 1997

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16. 10. 97

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hageman, L

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 045 401 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG) 10.Februar 1982 siehe Seite 2, Zeile 9 - Zeile 14 ---	9
A	US 5 483 827 A (COMPUTER METHODS CORP.E INC) 16.Januar 1996 siehe Spalte 15; Zeile 22 - Zeile 34; Abbildung 3 -----	12

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0201149 A	12-11-86	US 4450431 A	22-05-84
		CA 1180415 A	01-01-85
		EP 0067547 A	22-12-82
		JP 1796540 C	28-10-93
		JP 4079040 B	14-12-92
		JP 57197694 A	03-12-82
-----			
US 4409586 A	11-10-83	JP 1730022 C	29-01-93
		JP 4015514 B	18-03-92
		JP 57197695 A	03-12-82
-----			
DE 3801277 A	27-07-89	KEINE	
-----			
DE 3801278 A	27-07-89	KEINE	
-----			
EP 0045401 A	10-02-82	DE 3029563 A	25-02-82
		US 4567459 A	28-01-86
-----			
US 5483827 A	16-01-96	KEINE	
-----			

1/4

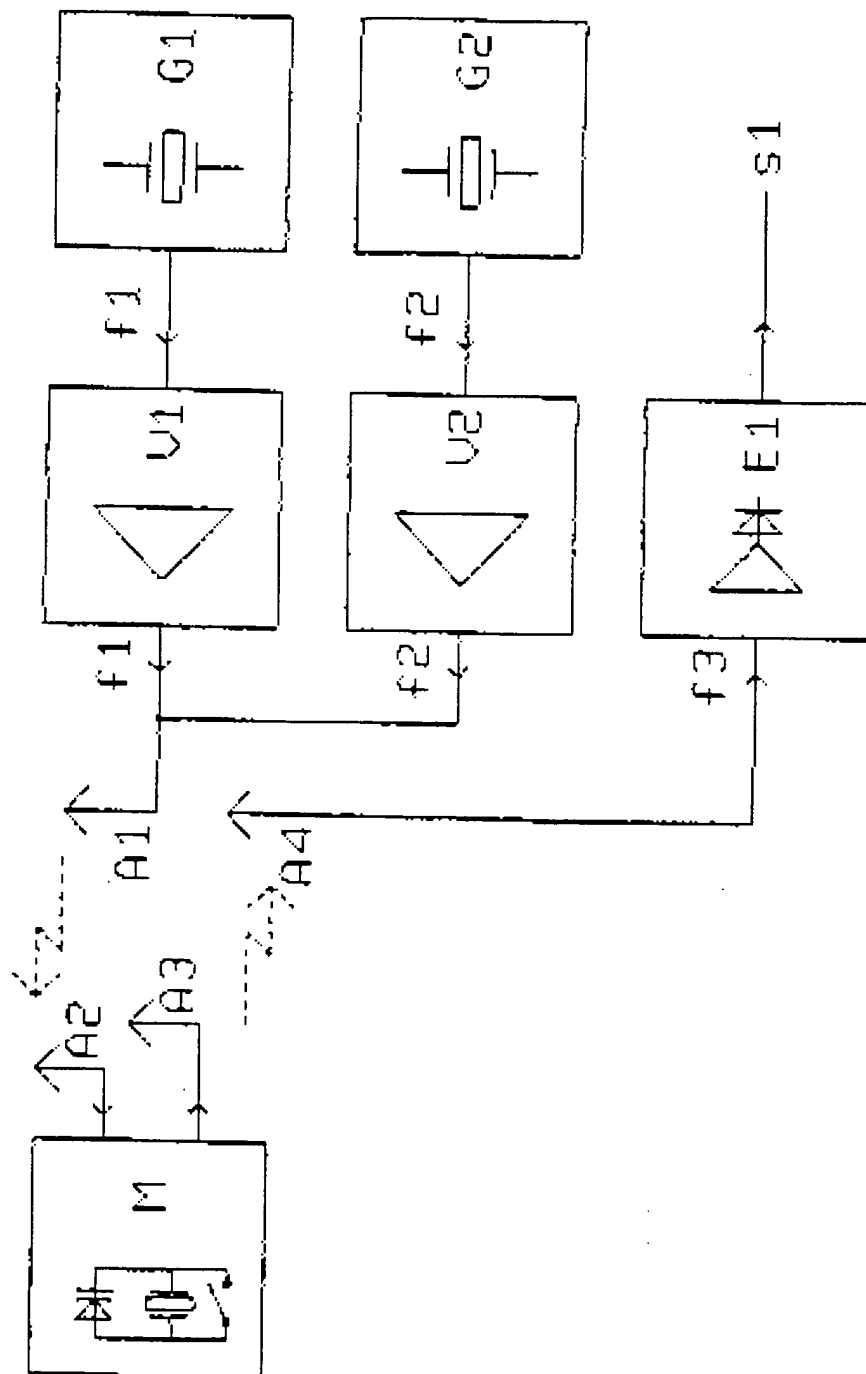


Fig. 1

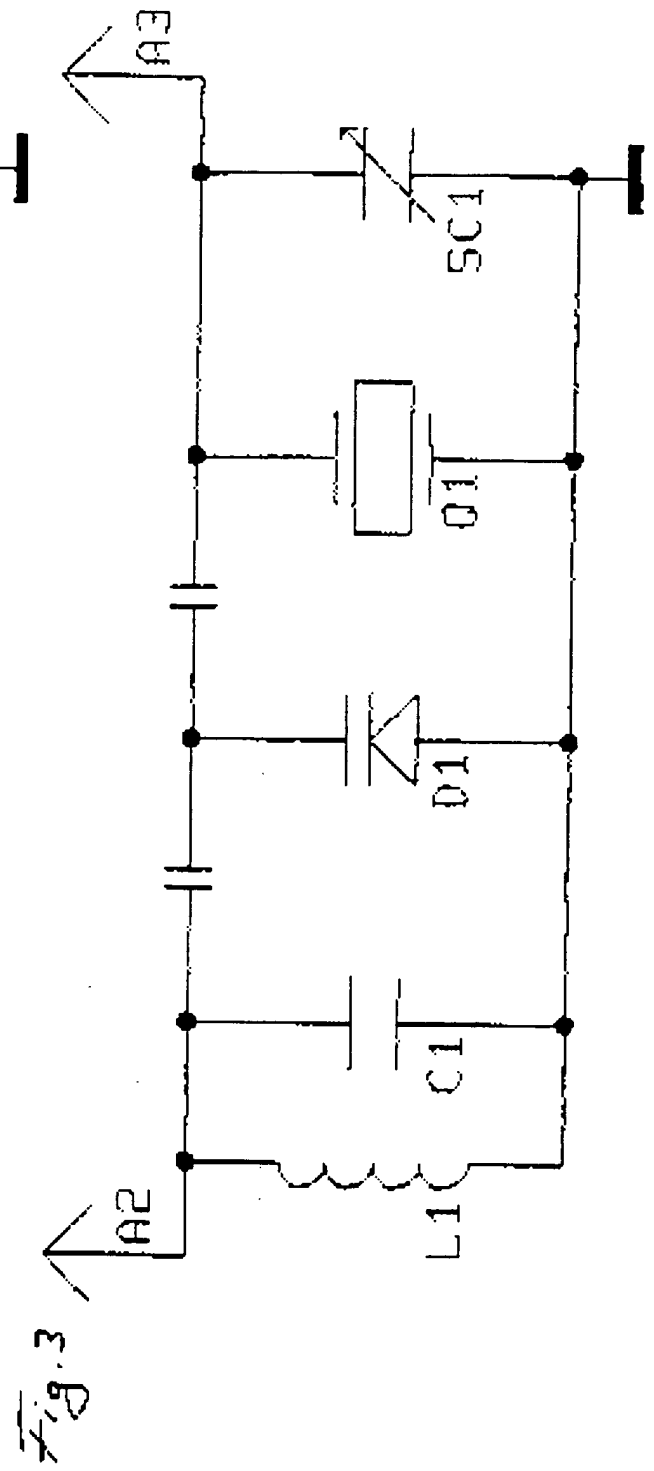
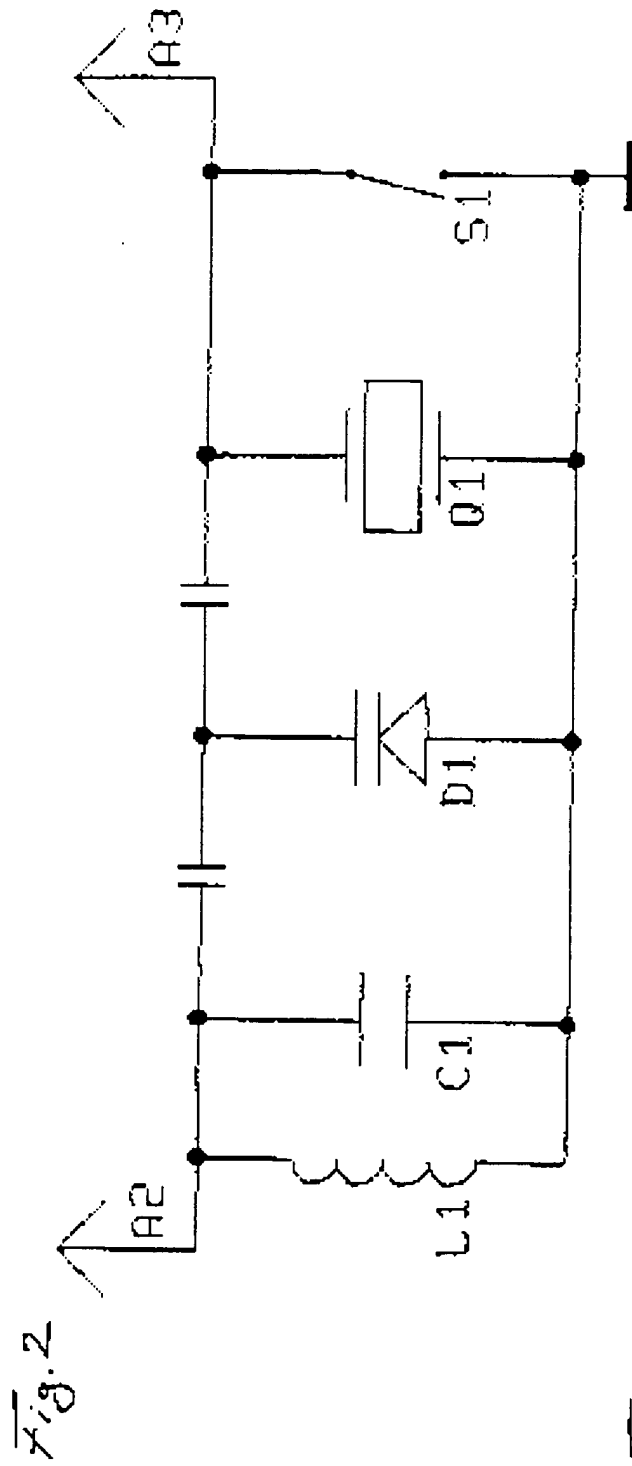


Fig. 4

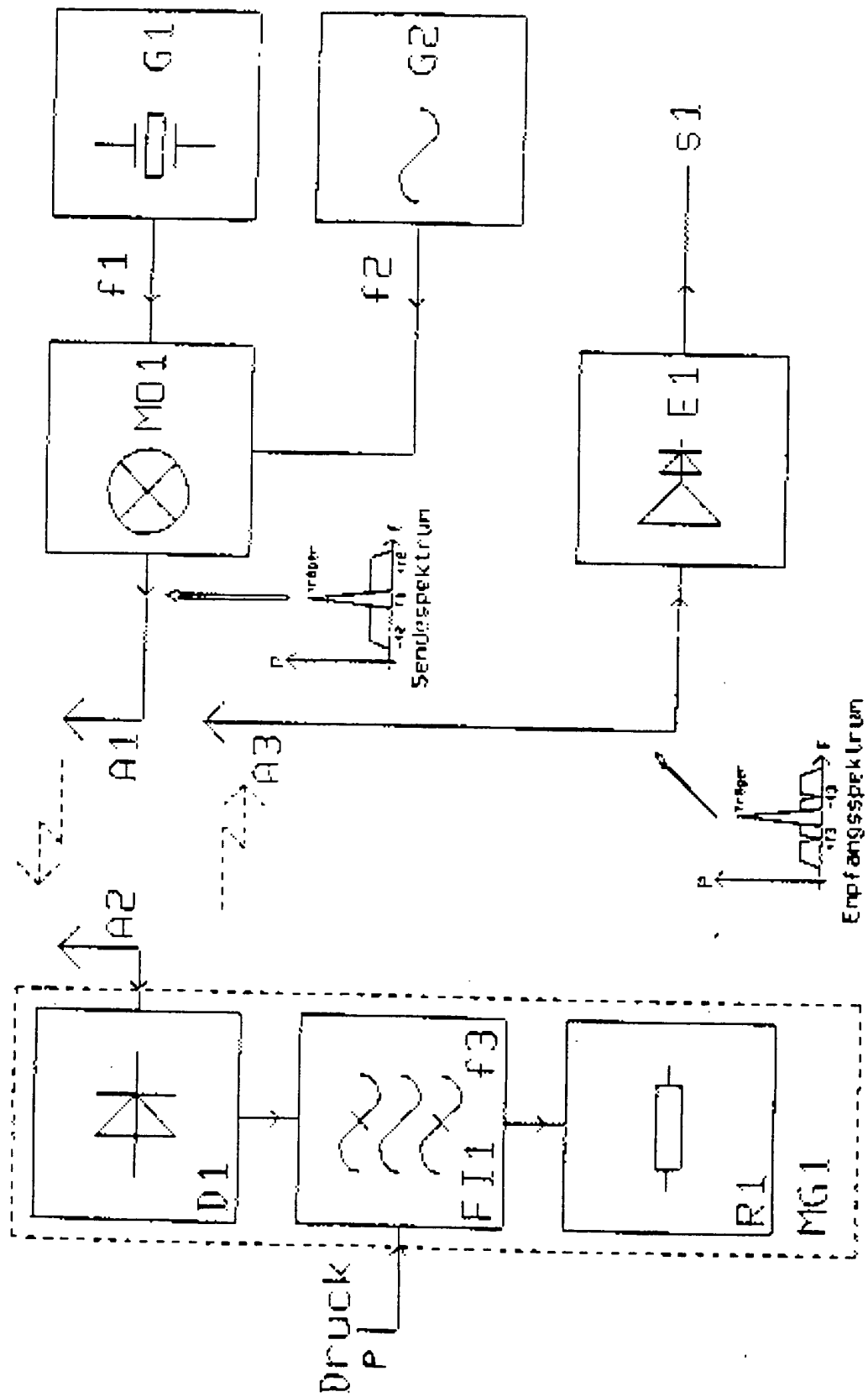


Fig. 5

